Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 15, No. 2, December 2024, pp. 159-177
Original Research

نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد ۱۵، شمارهٔ ۲، نیمهٔ دوم ۱۴۰۳، ص. ۱۷۷-۱۵۹
نوع مقاله: پژوهشی

Homepage: https://ijpr.um.ac.ir

https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.84287.1065

The yield and Physiological Traits of Two Red Bean Cultivars (*Phaseolus vulgaris*) under the Influence of Management and Genotypic Factors

Tahere Rahmani[1], Mashaalla Daneshvar[2]*, Omidali Akbarpour[2], Majid Sharifipour[3]

Received: 12-10-2023 Revised: 10-12-2023 Accepted: 28-01-2024 Available Online: 03-11-2024	**Cite this article:** Rahmani, T., Daneshvar, M., Akbarpour, O., & Sharifipour, M. (2024). The yield and physiological traits of two red bean cultivars *(Phaseolus vulgaris)* under the influence of management and genotypic factor. *Iranian Journal of Pulses Research*, *15*(1), 159-177. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.84287.1065

Introduction
Pulses, including red beans, constitute a significant protein source in human nutrition. Beans exhibit symbiosis with nitrogen-fixing bacteria. In recent years, the growing concern for the nutritional quality of products derived from diverse agricultural systems, particularly in relation to chemical fertilizers and their impact on human health and the environment, has prompted the adoption of sustainable agriculture practices. Beans, being water-intensive plants, are susceptible to dehydration. Consequently, this research, driven by persistent drought occurrences, diminishing groundwater levels, the deleterious effects of chemical fertilizers on agricultural lands, and escalating fertilizer costs, as well as the availability of various cultivars of red beans, has advocated for the implementation of drip irrigation, biological fertilizers, and the cultivation of new bean varieties with enhanced seed yields.

Materials and Methods
This experiment was conducted in the years 2018-2019 and 2019-2020 under farm conditions in Aligudarz city, using a 3-replicate split-plot factorial RCBD. The primary factors examined were irrigation methods (furrow and drip), while cultivars (Akhtar and Yaghout) and fertilizers (NPK applied according to the bean fertilizer table, application of biochemical fertilizer, and pure nitrogen application at 30 kg during the three-leaf and five-leaf stages) served as secondary factors. The dimensions of each plot were 6 meters in length and 2.5 meters in width and included 5 rows of planting. weed and pest and disease control were carried out. The traits of the efficiency of remobilization of dry matter to the seed, the share of seed yield from remobilization of plant dry matter and the share of seed yield from plant current photosynthesis, the capacity to accumulate photosynthetic materials and seed yield evaluated and measured. Analysis of variance (ANOVA) was performed using the GLM procedure in SAS. The least significant difference test (LSD) was used to assess the significance of differences in treatment means at the 5 percent probability level.

Results and Discussion
The highest efficiency of remobilization dry matter to seeds in this experiment was of Yaghout cultivar using NPK fertilizer in 2019, which due to the longer vegetative growth and more leaves, led to more photosynthesis and the conditions for producing more reproductive organs. As a result, The highest efficiency of remobilization of dry matter (22%) during the growth period, compared to Akhtar variety (9%) had the highest efficiency of remobilization of dry matter to the seeds. In this experiment the highest and lowest efficiency of remobilization of dry matter to seed was with the use of furrow irrigation in 2019 and the use of drip irrigation in 2020. Also, in each of the irrigation methods, the efficiency of remobilization of dry matter to the seed in 2019 was significantly higher than in 2020. The difference in years from the point of view of this attribute should be considered due to the difference in atmospheric parameters in these two years. Remobilization of dry matter to seed and current photosynthesis of the plant are two important

1 and 2- Ph.D. Student and Associate Professor, Department of Production Engineering and Plant Genetics, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorram Abad, Iran, respectively.
3- Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran.
* Corresponding Author: daneshvar.m@lu.ac.ir

components of the final yield of the plant, and investigating their role as components of seed yield is one of the goals of this experiment. The highest share of seed yield was obtained from remobilization of plant dry matter from the Yaghout cultivar and with the application of NPK fertilizer in 2019 (39.69%) and in 2020 (34.3%). However, the highest share of seed yield from current photosynthesis was assigned to the Yaghout cultivar with the use of NPK fertilizer in both years of the experiment. The share of seed yield from current photosynthesis of the plant is the result of the remobilization of dry matter to the seed as well as the current photosynthesis of the plant. The highest capacity to accumulate photosynthetic materials was obtained in Yaghout cultivar under drip irrigation. while the lowest amount was observed in the Akhtar cultivar with furrow irrigation. Akhtar and Yaghout cultivars in drip irrigation showed capacity to accumulate photosynthetic materials more than furrow irrigation. Therefore, it can be concluded that the physiological parameter of capacity to accumulate photosynthetic materials had the most significant correlation with seed yield in this experiment. The highest seed yield was obtained from the Yaghout cultivar with the application of bio-chemical fertilizers, and the lowest seed yield was of Akhtar cultivar with the application NPK fertilizer. Moreover, the correlation between the variables suggests that the high capacity for assimilating substances in the storage of seeds is the most critical factor influencing the increase in seed yield per unit area.

Conclusions

Correlation coefficients between traits showed that seed yield had the most positive and significant correlation with the share of seed yield from current photosynthesis of the plant and the accumulation capacity of photosynthetic materials. In other words, the two-year results of this experiment showed that the seed yield is mainly the final result of the current photosynthesis of the plant and the capacity for material accumulation in the seeds. Considering the persistent challenges of drought, significant depletion of groundwater, and the escalating costs of chemical fertilizers in recent years, coupled with their adverse impacts on agricultural soils, alongside the genotypic diversity of red beans, there exists a potential to markedly enhance seed yield. This can be achieved by reducing reliance on chemical fertilizers and adopting a combination of biochemical fertilizers and the drip irrigation method in conjunction with the use of genetically modified cultivars of red beans. Strengthening these physiological components emerges as a key pathway to realizing this improvement.

Keywords: Beans, Fertilizer, Irrigation, Physiological traits, Source-sink relationship

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 15, No. 2, December 2024, pp. 159-177
Original Research
Homepage: https://ijpr.um.ac.ir

نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد ۱۵، شمارهٔ ۲، نیمهٔ دوم ۱۴۰۳، ص. ۱۷۷-۱۵۹
نوع مقاله: پژوهشی

https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.84287.1065

بررسی عملکرد و صفات فیزیولوژیکی دو رقم لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris*) تحت تأثیر عامل‌های مدیریتی و ژنوتیپی

طاهره رحمانی[1]، ماشااله دانشور[2*]، امیدعلی اکبرپور[2]، مجید شریفی‌پور[3]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۰۸

چکیده

آزمایش مزرعه‌ای به‌صورت اسپلیت‌پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال‌های ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸ در الیگودرز اجرا شد. عامل‌های آزمایش شامل آبیاری (جوی و پشته‌ای و قطره‌ای) در کرت‌های اصلی و تلفیق رقم (اختر و یاقوت) و کود (۱- NPK بر اساس نتایج آزمون خاک ۲- ترکیب کودهای زیستی- شیمیایی ۳- نیتروژن خالص به‌میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار در هر یک از مراحل سه و پنج برگچه‌ای رشد) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج تجزیه و تحلیل صفات نشان داد، بیش‌ترین و کم‌ترین کارایی انتقال مجدد ماده خشک (به‌ترتیب ۲۲ و ۹ درصد) از رقم یاقوت با کاربرد NPK سال ۱۳۹۸ و از رقم اختر با کاربرد کودهای زیستی- شیمیایی سال ۱۳۹۹ حاصل گردید. رقم یاقوت با کاربرد NPK بیش‌ترین سهم عملکرد دانه از انتقال مجدد ماده خشک را در هر یک از دو سال آزمایش (۳۹/۶۹ و ۳۴/۳ درصد به‌ترتیب در سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹) به خود اختصاص داد. بالاترین سهم عملکرد دانه از فتوسنتز جاری به رقم یاقوت با کاربرد کودهای زیستی- شیمیایی در هر دو سال آزمایش (۷۶/۶ درصد) تعلق گرفت. بیش‌ترین میزان ظرفیت تجمع مواد فتوسنتزی در رقم یاقوت تحت آبیاری قطره‌ای (۳۳۰/۵۸۴ میلی‌گرم) حاصل شد. دو پارامتر سهم عملکرد دانه از فتوسنتز جاری و ظرفیت تجمع مواد فتوسنتزی به‌دلیل همبستگی بسیار بالا (به‌ترتیب ۰/۶۶ و ۰/۹۹ درصد) بیش‌ترین نقش را در افزایش عملکرد دانه داشتند. در نهایت، نتایج نشان داد که تلفیق سه جانبه رقم یاقوت، ترکیب کودهای زیستی- شیمیایی و آبیاری قطره‌ای به‌دلیل حصول بیش‌ترین عملکرد دانه در لوبیا برترین تیمار بودند.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، رابطه منبع- مخزن، صفات فیزیولوژیکی، کود، لوبیا

مقدمه

لوبیا یک منبع مهم پروتئین، فیبر و مواد مغذی است و قرن‌ها است که نقش مهمی در رژیم غذایی انسان دارد (Yonts et al., 2018). این گیاه یکی از منابع اصلی تأمین پروتئین گیاهی در بسیاری از کشورهای در حال توسعه محسوب می‌شود (Dursun, 2007). مقدار پروتئین لوبیا دو تا چهار برابر غلات و ۱۰ تا ۲۰ برابر گیاهان غده‌ای است (Soheili Movahed et al., 2016). لوبیا گیاهی است که بیش از ۵۰ درصد تولید حبوبات دانه‌ای را به خود اختصاص داده است (Farid et al., 2016). لوبیا با دارا بودن ۱۸-۳۲ درصد پروتئین نقش مهمی را در تأمین مواد پروتئینی مورد نیاز انسان دارد. علاوه‌براین، به‌دلیل هم‌زیستی باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن اتمسفری در ریشه آن‌ها در حاصلخیزی خاک مؤثرند و هر ساله مقادیر زیادی نیتروژن بعد از برداشت این محصولات به خاک اضافه می‌شود (Rendon- Anaya et al., 2017). لوبیا در کشورهای در حال توسعه معمولاً در زمین‌هایی با قدرت باروری کم که خاک آن‌ها از لحاظ ماده معدنی و آلی فقیر است، کشت می‌شود. از این رو، زارعین مجبور به استفاده مقادیر زیادی از کودهای شیمیایی به‌ویژه کودهای نیتروژن و فسفر می‌شوند. در سال‌های اخیر، لزوم سلامت محصولات تولید شده در نظام‌های مختلف کشاورزی از نظر وجود بقایای سموم، کودهای شیمیایی و اثر آن‌ها بر سلامت انسان و محیط زیست باعث شده است تا روش‌های تولید و نهاده‌های به‌کار رفته در تولید آن‌ها مورد توجه خاص قرار گیرند. پژوهش‌های انجام یافته نشان داده است که مهم‌ترین دلیل کاهش عملکرد محصولات به‌طور عمده ناشی از عدم توازن تغذیه‌ای و استفاده از کودهای شیمیایی

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی دکتری و استادیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.
۳- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران.
(*- نویسنده مسئول: daneshvar.m@lu.ac.ir)

بوده است (Zaidi et al., 2017). هدف از کشاورزی پایدار، به حداقل رساندن اثرات مضر در نهاده‌های سنتزی مانند کودهای شیمیایی بر محیط زیست و در کنار آن استفاده از نهاده‌های آلی برای تأمین عناصر غذایی می‌شود. به همین خاطر، کشاورزی پایدار از طریق مکمل بودن کودهای زیستی با کودهای شیمیایی و در برخی موارد، از طریق جایگزینی مواد شیمیایی با کودهای زیستی و آلی سبب افزایش حاصلخیزی و سلامت خاک، حفظ محیط زیست و افزایش کیفیت محصولات می‌شود (Rose et al., 2019).

کاویان اطهر و ابوطالبیان (Kavian Athar & Abutalibian, 2020) بیان کردند که در لوبیا، کاربرد ۳۰ کیلوگرم نیتروژن به همراه کودهای زیستی باعث افزایش تعداد غلاف در بوته لوبیا و عملکرد دانه می‌گردد. پاسبان و همکاران (Pasban et al., 2015) گزارش دادند که کاربرد کودهای آلی موجب افزایش بیشتر عملکرد دانه لوبیا روغنی گردید. تحقیقات صابری و همکاران (Saberi et al., 2015) روی لوبیا نشان داد که کودهای زیستی با بهبود شرایط جذب عناصر غذایی نیاز به مصرف کودهای شیمیایی را کاهش داده است و با جذب نیتروژن و فسفر، موجب ایجاد شاخ و برگ بیش‌تر و در نتیجه، افزایش فتوسنتز گیاه و تولید ماده خشک بیش‌تر و در نتیجه، عملکرد بالاتر شدند که با نتایج آزمایش حاضر مطابقت داشت. در آزمایش حاضر، باکتری‌های موجود در کودهای زیستی به‌عنوان باکتری‌های محرک رشد بوده و با افزایش جذب عناصر نیتروژن و فسفر در گیاه باعث افزایش عملکرد دانه شدند. پورهادیان و همکاران (Pourhadian et al., 2014) در گزارش خود اظهار داشتند که سهم عملکرد دانه از انتقال مجدد ماده خشک گیاه لوبیا قرمز تحت تأثیر تیمار کود زیستی- شیمیایی افزایش یافت که با نتایج آزمایش حاضر مغایرت داشت. نتایج آزمایش حاضر نشان داد که تأمین به‌موقع نیتروژن موجب می‌شود که گیاه برای پر کردن دانه به‌دلیل شاخص سطح بالاتر به‌طور عمده از فتوسنتز جاری استفاده کند، در نتیجه، سهم فرایند انتقال مجدد در عملکرد دانه کاهش می‌یابد و به نظر می‌رسد که تحت چنین شرایطی، به‌دلیل افزایش فتوسنتز جاری در عملکرد دانه موجب می‌شود که میزان انتقال ماده خشک از کل بوته به ساقه و دانه کاهش یابد. نتایج آزمایش حاضر با نتایج سید شریفی و همکاران (Seyed Sharifi et al., 2015) و مجدم و همکاران (Majdam et al., 2009) مطابقت داشت. منصور قناعی پاشاکی و همکاران (Mansour Ghanaei Pashaki et al., 2017) در آزمایش‌های خود گزارش دادند که کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی قادر به تأمین بخشی از نیازهای غذایی گیاه می‌باشد. طباطبایی و همکاران (Tabatabaei et al., 2020) در گزارش خود بر روی لوبیا اظهار داشتند که بیش‌ترین عملکرد دانه با کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی و با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه حاصل شد.

لوبیا، گیاهی آب‌دوست است که نیاز خالص آبی آن در حدود ۵۵۰۰ مترمکعب در هکتار می‌باشد (Sarikhani et al., 2018)، به همین دلیل، علی‌رغم ارزش غذایی، قیمت بالای محصول و بازار مناسب آن، محدودیت منابع آب، مانع گسترش تولید لوبیا است. خشکسالی و کم‌آبی در ایران یک واقعیت اقلیمی است، به همین سبب لازم است که از روش‌های امکان‌پذیر برای افزایش بهره‌وری مصرف آب در بخش کشاورزی استفاده شود (Maleki et al., 2021). هر گونه روشی که بتواند آب مصرفی گیاه را بهتر در اختیار آن قرار دهد، به نحوی که منجر به عملکرد بهتر گیاه شود، می‌تواند یک راهکار مؤثر برای افزایش بهره‌وری مصرف آب باشد. در این راستا، توزیع متفاوت رطوبت در خاک تحت آبیاری قطره‌ای، ممکن است بخشی از راه حل جهت استفاده بهینه از منابع آبی باشد (Abalos et al., 2014). در برخی پژوهش‌ها، مانند تحقیقات مهرپویان و همکاران (Mehrpouyan et al., 2013) استفاده از آبیاری قطره‌ای به عملکرد بهتر لوبیا منجر شد، آن‌ها گزارش دادند که استفاده از آبیاری قطره‌ای، میانگین عملکرد دانه را ۲۸ درصد نسبت به روش آبیاری سطحی افزایش داد. ولی در برخی دیگر، مانند پژوهش دارابی و همکاران (Darabi et al., 2022)، استفاده از آبیاری قطره‌ای منجر به کاهش عملکرد نسبت به روش جوی و پشته‌ای شده است. به عبارت دیگر، استفاده از روش‌های آبیاری قطره‌ای و یا جوی و پشته‌ای، مزیت مطلق نسبت به یکدیگر ندارند و بسته به شرایط اقلیمی و خصوصیات خاک می‌توانند منجر به نتایج متفاوتی شوند. با این حال، آبیاری تحت فشار به‌خصوص آبیاری قطره‌ای می‌تواند راهکاری مناسب برای عرضه آب و مواد غذایی مستقیماً در منطقه ریشه محصولات باشد و به همین سبب، پتانسیل راندمان کاربرد آب و مواد شیمیایی را افزایش دهد (Abalos et al., 2014). برنامه‌های کود آبیاری نیز که برای افزایش کیفیت و کمیت بسیاری از محصولات در حال گسترش هستند، با روش‌های آبیاری قطره‌ای انطباق بیش‌تری دارند و این رویکرد با افزایش کمبود آب و هزینه کود در دهه‌های اخیر در حال گسترش است (Gardenas et al, 2005).

از سوی دیگر، ژنوتیپ‌های متفاوت، واکنش‌های متفاوتی نسبت به شرایط محیطی و سیستمی نشان می‌دهند. دشتکی و همکاران (Dashtaki et al., 2015) در بررسی اثر تنش آبی بر ژنوتیپ‌های لوبیا گزارش دادند که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از

نظر عملکرد دانه، وزن ۱۰۰ دانه، تعداد دانه در نیام، تعداد نیام در بوته، روز تا مرحله رسیدگی، اندازه بذر در شرایط تنش و بدون تنش تفاوت معنی‌داری با هم داشتند.

با توجه به موارد پیش‌گفته؛ کمبود شدید منابع آبی و هم‌چنین اثرات مخرب کودهای شیمیایی بر کیفیت اراضی کشاورزی و نیز وجود ارقام متنوع لوبیا قرمز، در جهت آگاهی از تأثیر آبیاری قطره‌ای و کودهای زیستی و استفاده از ارقام جدید لوبیا برای حصول عملکرد دانه بالاتر، این پژوهش طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

آزمایش در طی دو سال زراعی ۹۸- ۱۳۹۷ و ۹۹- ۱۳۹۸ به‌صورت اسپلیت‌پلات فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در اراضی شاپورآباد شهرستان الیگودرز به مختصات عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۱۴ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۴۲ دقیقه و ارتفاع از سطح دریا ۲۱۱۹ متر اجرا گردید. قبل از شروع آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک مزرعه جهت تعیین برخی از ویژگی‌های خاک نمونه‌برداری به عمل آمد که نتایج آن در جدول ۱ بیان شده است (جدول ۱). هم‌چنین، داده‌های هواشناسی (حداقل، حداکثر و متوسط دمای هوا در طول فصول رشد در دو سال آزمایش) در جدول ۲ درج شده است. میزان کل بارندگی منطقه در طی سال‌های زراعی ۹۸- ۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸به‌ترتیب ۶۸۴ و ۴۰۷ میلی‌متر بوده است.

عامل‌های آزمایش شامل آبیاری در دو سطح (I_1: آبیاری جوی و پشته‌ای (شاهد) و I_2: آبیاری قطره‌ای (تیپ) در کرت‌های اصلی و تلفیق عامل‌های رقم در دو سطح (C_1: اختر و C_2:یاقوت) و کود در سه سطح (F_1: کودهای شیمیایی NPK به‌مقدار نیاز گیاه بر اساس نتایج آزمون خاک (۱۰۰ کیلوگرم کود اوره، ۵۰ کیلوگرم کود سوپرفسفات تریپل و ۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم) به زمین داده شد. F_2: تلفیق کودهای زیستی- شیمیایی (کاربرد نیتروژن خالص از منبع اوره به‌میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار و کودهای زیستی (فسفوزیست و نیتروزیست) در هر دو مرحله سه برگچه‌ای و پنج برگچه‌ای و F_3: کاربرد نیتروژن خالص به‌میزان ۳۰ کیلوگرم در مرحله سه برگچه‌ای و ۳۰ کیلوگرم در مرحله پنج برگچه‌ای) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. کودهای زیستی (فسفوزیست و نیتروزیست) نیز از شرکت کشت کار گستر نوژان خراسان شمالی تهیه شده و مورد استفاده قرار گرفته و ارقام لوبیا قرمز اصلاح شده اختر و یاقوت از ایستگاه تحقیقات لوبیا واقع در شهر خمین تهیه شدند. رقم لوبیا قرمز اختر فرم ایستاده و رشد محدود (تیپ ۱) دارد. این رقم مناسب کشت در مناطق سرد و معتدل کشور می‌باشد. دوره رشد و نمو ۹۵ تا ۱۰۰ روز می‌باشد. وزن ۱۰۰ دانه آن، ۴۵ تا ۴۷ گرم و عملکرد آن ۱۹۸۰کیلوگرم می‌باشد. درصورتی‌که رقم لوبیا یاقوت فرم ایستاده و رشد نامحدود (تیپ ۲) دارد و مناسب کشت در مناطق سرد و معتدل کشور می‌باشد. متوسط دوره رشد و نمو ۸۷ روز، مقاوم به آفت کنه دو نقطه‌ای، مقاوم به بیماری ویروسی موزاییک معمولی لوبیا و عملکرد آن ۲۲۰۶ کیلوگرم می‌باشد. رقم یاقوت دارای تحمل بالا در برابر خشکی و مناسب در تمامی مناطق رایج تولید لوبیا در کشور می‌باشد (Khavari et al., 2023).

در تحقیق حاضر، تنش آبی به‌عنوان تیمار اعمال نشده و آبیاری به‌صورت کامل انجام شده است. ولی با تغییر روش آبیاری، از جوی و پشته‌ای به قطره‌ای، توزیع متفاوتی از رطوبت در خاک شکل می‌گیرد. بدین ترتیب که در روش قطره‌ای، رطوبت کمتری در سطح و بیشتر در نواحی پایین ناحیه ریشه توزیع می‌شود. این فرم توزیع رطوبت، می‌تواند آب و مواد غذایی را مدت بیش‌تری با سهولت در اختیار گیاه قرار دهد و آب را از دسترس تبخیر دور نگه دارد.

ابعاد هر کرت به‌طول شش متر و عرض ۲/۵ متر و نیز شامل پنج ردیف کاشت بود. بذرها روی خط داغاب به‌فاصله ۱۰ سانتی متر از هم در عمق پنج سانتی متر و با فاصله خطوط کشت ۵۰ سانتی متر و تراکم ۲۰ بوته در مترمربع در ۱۷ خرداد ماه کشت شد. بذرها با قارچ‌کش رورال تی اس سترون شدند و در هر نقطه دو بذر کشت شد و بعد از استقرار گیاه عملیات تنک‌کردن انجام گرفت. عملیات داشت شامل کنترل علف‌های هرز به‌صورت وجین دستی و مهار آفات و بیماری‌ها صورت گرفت.

صفات کارایی انتقال مجدد ماده خشک به دانه‌ها، سهم عملکرد دانه از فتوسنتز جاری گیاه، سهم عملکرد دانه در انتقال مجدد ماده خشک گیاه، ظرفیت تجمع مواد فتوسنتزی در دانه‌ها از زمان شروع گل‌دهی تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی دانه‌ها اندازه‌گیری شد. برای این منظور، سه بوته در هر کرت در دو مرحله رشد شروع گل‌دهی و رسیدگی فیزیولوژیکی دانه‌ها برداشت شد و در آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت خشک گردید و سپس اندازه- گیری و توزین شدند و از طریق معادله‌های زیر میزان انتقال ماده خشک و سایر صفات اشاره شده در بالا مورد ارزیابی و اندازه‌گیری قرار گرفتند. جهت تعیین عملکرد دانه، بوته‌های دو خط وسط هر کرت به‌مساحت ۱/۵ مترمربع برداشت و عملیات خرمن‌کوبی و بوجاری انجام و دانه‌ها جدا گردیدند. وزن دانه‌ها با ترازوی دیجیتال با دقت یک‌صدم گرم تعیین شد.

جدول ۱- نتایج آنالیز خاک زمین مورد آزمایش

Table 1- Soil analysis results of the tested land

ویژگی Trait	واحد Unit	مقدار Amount	ویژگی Trait	واحد Unit	مقدار Amount
اسیدیته PH	-	8.03	کربن آلی OC	درصد %	0.24
هدایت الکتریکی EC	دسی زیمنس بر متر $dS.m^{-1}$	0.35	نیتروژن N	درصد %	0.02
مواد جامد محلول TDS	میلی‌گرم بر کیلوگرم $mg.kg^{-1}$	175.6	فسفر P	میلی‌گرم بر کیلوگرم $mg.kg^{-1}$	14.8
آهک TNV	میلی‌گرم بر کیلوگرم $mg.kg^{-1}$	19.5	پتاسیم K	میلی‌گرم بر کیلوگرم $mg.kg^{-1}$	264.5
بافت خاک Texture	-	لومی Loam	آهن Fe	میلی‌گرم بر کیلوگرم $mg.kg^{-1}$	5.07
رس Clay	درصد %	20.8	روی Zn	میلی‌گرم بر کیلوگرم $mg.kg^{-1}$	1.22
سیلت Silt	درصد %	44.4	مس Cu	میلی‌گرم بر کیلوگرم $mg.kg^{-1}$	2.65
شن Sand	درصد %	34.8	منگنز Mn	میلی‌گرم بر کیلوگرم $mg.kg^{-1}$	12.56

جدول ۲- میانگین حداقل و حداکثر درجه حرارت ماهانه (کاشت تا برداشت) و درجه روز رشد طی فصل رشد در دو سال کاشت ۱۳۹۹-۱۳۹۸

Table 2- Average minimum and maximum monthly temperature (planting to harvest) and growing day degree during growth season in 2019-2020

ماه Month	۱۳۹۸ 2019			۱۳۹۹ 2020		
	میانگین حداقل دما (سلسیوس) minimum average temperature (°C)	میانگین حداکثر دما (سلسیوس) maximum average temperature (°C)	میانگین درجه روز رشد (GDD) Average growing degree day	میانگین حداقل دما (سلسیوس) minimum average temperature (°C)	میانگین حداکثر دما (سلسیوس) maximum average temperature (°C)	میانگین درجه روز رشد (GDD) Average growing degree day
خرداد June	12.96	30.75	11.85	12.46	30.46	11.46
تیر July	16.98	34.30	15.72	16.9	31.72	14.37
مرداد August	17.81	34.46	15.95	16.81	34.32	15.92
شهریور September	13.52	31.13	12.32	13.10	30.21	12.22
میانگین Average	15.32	32.66	13.96	14.82	31.68	13.49

کارایی انتقال مجدد ماده خشک به دانه‌ها از طریق معادله ۱ و ۲ محاسبه گردید (Barlog & Grzebisz, 2004).

برای برآورد کارایی انتقال مجدد ماده خشک به دانه‌ها از طریق معادله ۱ و ۲ محاسبه گردید.

معادله (۱) $AM\ (\%) = [DM\ (g.m^{-2}) / DM_{max}] \times 100$

معادله (۲) $DM\ (g.m^{-2}) = (DM_{max} - DM_{mat})$

که در آن‌ها، DM_{max}: مقدار ماده خشک اندام‌های هوایی گیاه در زمان شروع گل‌دهی (گرم بر مترمربع)، DM_{mat}: مقدار ماده خشک اندام‌های هوایی به‌جز دانه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی گیاه (گرم بر مترمربع)، $DM\ (g.m^{-2})$: میزان انتقال مجدد ماده خشک به دانه‌ها (گرم بر مترمربع) و AM: کارایی انتقال مجدد ماده خشک به دانه (درصد) است.

سهم عملکرد دانـه از فتوسـنتز جـاری گیـاه از معادلـه ۳ محاسبه شد.

معادله (۳)

The share of seed yield of Plant current photosynthesis = (GY – DM) / GY $\times$ 100

کـه در آن، The share of seed yield of Plant current photosynthesis: سهم عملکرد دانـه از فتوسـنتز جـاری گیـاه (درصد)، GY: عملکرد دانه (گـرم بـر مترمربـع) و DM: میـزان انتقال مجدد ماده خشک به دانه‌ها (گرم بر مترمربع) است.

سهم عملکرد دانه از انتقـال مجـدد مـاده خشـک گیـاه از معادله ۴ محاسبه شد.

معادله (۴)

The share of seed yield from remobilization of plant dry matter = (DM/GY) $\times$ 100

کــه در آن، The share of seed yield from remobilization of plant dry matter: سـهم عملکـرد دانـه از انتقال مجدد ماده خشک گیاه (درصد)، GY: عملکرد دانه (گرم بر مترمربع) و DM: میزان انتقال مجدد ماده خشک بـه دانـه‌ها (گرم بر مترمربع) است.

معادله (۵)

The capacity to accumulate photosynthetic materials = (Seed weight/Seed number per m^2)

کــــه در آن، The capacity to accumulate photosynthetic materials: ظرفیـت تجمـع مـواد فتوسـنتزی (میلی‌گـرم)، Seed weight: وزن دانـه (گـرم) و (m^2) Seed Number per: تعداد دانه در مترمربع است.

پس از جمع‌آوری داده‌ها و اطمینان از نرمال بودن داده‌هـا توسط آزمون نرمالیته، همگنی واریانس خطاهـای آزمایشـی دو سال با آزمـون بارتلـت انجـام گرفـت و پـس از تأییـد همگنـی واریانس خطای دو سـال، صـفات بـا اسـتفاده از نرم‌افـزار SAS تجزیه واریانس (مرکب) شدند. مقایسه میانگین‌ها با آزمونLSD انجام شد. در رسم نمودارها و جداول از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

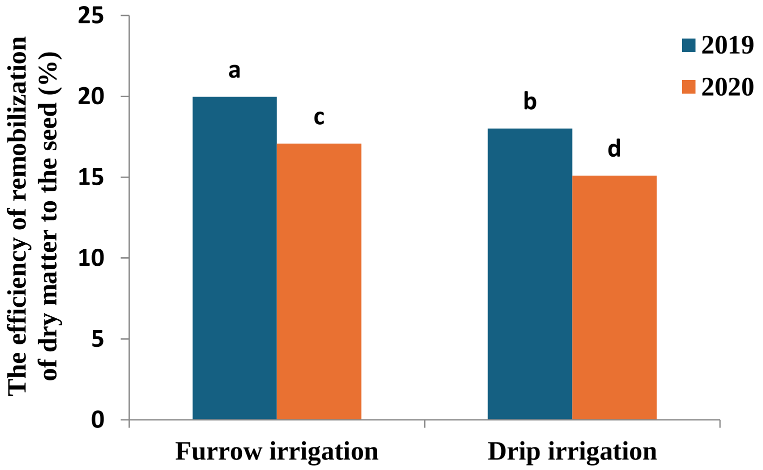
نتایج و بحث

کارایی انتقال مجدد ماده خشک به دانه

پس از تأیید آزمون همگنی واریانس خطاهـای آزمایشـی در دو سال (جدول۳)، نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات سـاده سال، کود و رقم و اثر متقابل دوگانه (کود × رقم) و اثـر متقابـل سه‌گانه (کود × سال × رقم) به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و اثرات متقابل دوگانـه (سـال × آبیـاری) و (سـال × کود) در سطح احتمال پنج درصد بر کارایی انتقال مجـدد مـاده خشک به دانه معنی‌دار بودند (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه (کود × سال × رقم) بر کارایی انتقـال مجـدد ماده خشک به دانه نشان داد که بیش‌ترین میزان کارایی انتقال مجدد ماده خشک به دانه در هر دو سال ایـن آزمـایش از رقـم یاقوت با استفاده از کود NPK (به‌ترتیب ۲۲ و ۱۷ درصـد) بـود (جدول ۶). می‌توان علت آن را این‌گونه بیان کرد که رقم یاقوت نسبت به رقم اختر دارای رشد رویشی طولانی‌تر و تعـداد بـرگ بیشتر بوده است، بنـابراین، از فتوسـنتز بـالاتر و تجمـع بیشـتر آسیمیلات قبل از گل‌دهی برخـوردار بـوده و در نتیجـه، سـبب انتقال مجدد مواد خشک بـیش‌تـری بـه دانـه‌ها گردیـده اسـت (جدول ۶). نتایج این آزمایش بـا نتـایج تحقیقـات پورهادیـان و همکــاران (Pourhadian et al., 2022) مطابقــت داشــت. پورهادیـان و همکـاران (Pourhadian et al., 2022) اظهـار داشتند که ارقام صیاد و ناز که دارای رشد نامحدود مـی‌باشـند، نسبت به رقم درخشان با رشد محدود، به‌علت تعداد شـاخه‌های فرعی بیشتر و تعداد برگ و شاخص سطح برگ بیشتر، فتوسنتز بیش‌تری انجام داده و با تجمع بیشتر آسـیمیلات قبـل از گـل-دهی باعث انتقال مجدد مواد خشک به دانه‌ها شـده انـد. هـم-چنـین، پورهادیـان و همکـاران (Pourhadian et al., 2014) گزارش کردند که ارقـام لوبیـا قرمـز از نظـر فتوسـنتز جـاری و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی به دانه‌ها با هم تفاوت دارند و ایـن موضوع موجب تفاوت در مقدار صفات زایشی ارقـام مـی‌گـردد. همچنین، در تحقیقات گوناگون مشخص شده است که اختلاف بین ارقام در گیاهان مختلف بیشتر ناشی از خصوصیات ژنتیکی می‌باشد، امّا شرایط محیط نیز در ظهور و بروز آن‌ها نقش ویژه-ای دارد (Pourhadian et al., 2014; Mondani & Jalilian, 2019).

در آزمایش حاضر، تأمین به‌موقع کودهای شیمیایی باعـث افزایش میزان وکارایی انتقال ماده خشک از ساقه و برگ‌هـا بـه دانه‌هـا گردیـد کـه بـا نتـایج سـایر محققـین مطابقـت داشـت (Bahrani et al., 2009; Hokm Alipour & Seyed Sharifi, 2015). نتایج تحقیقات پورهادیان و همکـاران (Pourhadian et al., 2022) با نتیجه ایـن آزمـایش مغـایرت داشـت کـه اظهـار داشتند، اثرات مصرف کودهای زیستی بر انتقال مجدد از سـاقه و برگ‌ها و کارایی انتقال مجدد ماده خشک تأثیر داشته و منجر به افزایش کارایی انتقال مجدد ماده خشک به دانه گردیده است (Pourhadian et al., 2022). بـا توجـه بـه نتـایج همبسـتگی داده‌ها، کارایی انتقال مجدد ماده خشک به دانه با عملکرد دانـه همبستگی معنی‌داری (۰/۲۷) داشت (جدول ۵). بـیش‌تـرین و کم‌ترین میزان کارایی انتقال مجدد ماده خشک به دانه در ایـن آزمایش به‌ترتیب با کـاربرد آبیـاری جـوی و پشـته‌ای در سـال ۱۳۹۸ (۱۹/۸۸ درصد) و بـا کـاربرد آبیـاری قطـره‌ای در سـال

۱۳۹۹ (۱۵/۱۰ درصد) با اختلاف معنی‌دار ۴/۷۸ درصد به‌دست آمد. روند کارایی انتقال مجدد ماده خشک به دانه در روش جوی و پشته‌ای نسبت به روش قطره‌ای در هر دو سال به‌صورت افزایشی بوده است. هم‌چنین، در سال اول روند این صفت نسبت به سال دوم افزایش یافته است (شکل ۱). بهرانی و همکاران (Bahrani et al., 2009) در تحقیق خود روی گندم بیان کردند که میزان کارایی انتقال مجدد ماده خشک به دانه با کاربرد آبیاری مطلوب و کامل نسبت به تنش کم‌آبی کاهش یافت. هم‌چنین، در هر یک از روش‌های آبیاری و در بین دو سال آزمایش، تفاوت معنی‌دار از نظر کارایی انتقال مجدد ماده خشک به دانه وجود داشت؛ به نحوی که در سال ۱۳۹۸ به‌طور معنی‌داری بیشتر از سال ۱۳۹۹ بود (شکل ۱). تفاوت سال‌ها برای این صفت را باید به‌دلیل اختلاف پارامترهای جوی در این دو سال دانست (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه (سال × کود × رقم) بر صفت فوق نشان داد که بیش‌ترین میزان کارایی انتقال مجدد ماده خشک به دانه در این آزمایش در سال اول در رقم یاقوت و با کاربرد کود NPK (۲۲ درصد) به‌دست آمد. کم‌ترین میزان این صفت در سال دوم و در رقم اختر و با کاربرد کود زیستی- شیمیایی (نه درصد) حاصل شد (جدول ۶). روند کارایی انتقال مجدد ماده خشک به دانه در سال اول با کاربرد کود NPK نسبت به سایر تیمارهای کودی در هر دو رقم یکسان و افزایشی بود (جدول ۶). هم‌چنین، در سال اول روند این صفت در کاربرد کود نیتروژن- نیتروژن نسبت به کود زیستی- شیمیایی افزایشی بوده است. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که روند این صفت در سال اول نسبت به سال دوم افزایش یافته است (جدول ۶).



شکل ۱- اثر متقابل دوگانه (سال × آبیاری) بر روی کارایی انتقال مجدد ماده خشک به دانه لوبیا

Fig. 1- Two-way interaction effect (year × irrigation) on the efficiency of remobilization of dry matter to the bean seed

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون LSD، فاقد تفاوت آماری معنی‌دار می‌باشند.

Means in each column followed by the same letters are not significantly different when using the LSD test.

جدول ۳- نتایج تجزیه همگنی واریانس خطاهای آزمایشی با استفاده از آزمون بارتلت (کای دو) در صفات کمّی و کیفی لوبیا

Table 3- The results of homogeneity analysis of variance of experimental errors using Bartlett's test (Chi-square) in quantitative and qualitative traits of bean

Chi-square	کارایی انتقال مجدد ماده خشک به دانه The efficiency of remobilization of dry matter to the seed	سهم عملکرد دانه از انتقال مجدد ماده خشک گیاه The share of seed yield from remobilization of plant dry matter	سهم عملکرد دانه از فتوسنتز جاری گیاه The share of seed yield from plant current photosynthes	ظرفیت تجمع مواد فتوسنتزی The capacity to accumulate photosynthetic materials	عملکرد دانه Seed yield
آزمون کای دو Chi-square test	0.17ns	3.73ns	0.26ns	3.76ns	0.075ns

نتایج آزمون همگنی بارتلت که به‌صورت کای دو نشان داده شد. درجه آزادی محیط‌ها برای آزمون بارتلت برابر با یک بود که مقدار کای دو جدول در این درجه آزادی ۳/۸۴ می‌باشد.

The results of Bartlett's homogeneity test, which were shown as chi-square. The degree of freedom of environments for Bartlett's test was equal to one, and the chi-square value of table in this degree of freedom is 3.84.

جدول ۴- تجزیه واریانس تیمارهای آزمایشی بر صفات کمّی و کیفی لوبیا

Table4- Analysis of variance of experimental treatments on quantitative and qualitative traits of bean

منابع تغییرات **S.O.V.**	درجه آزادی **d.f**	کارایی انتقال مجدد ماده خشک به دانه **The efficiency of remobilization of dry matter to the seed**	سهم عملکرد دانه از انتقال مجدد ماده خشک گیاه **The share of seed yield from remobilization of plant dry matter**
سال Year	1	12830.02**	3021.37**
تکرار (سال) Replication (year)	4	405.136	32.45
آبیاری Irrigation	1	5058.001*	656.85**
سال × آبیاری Year × irrigation	4	2670.709*	1.58ns
تکرار (سال × آبیاری) Replication (year × irrigation)	2	322.36	20.73
کود Fertilizer	1	92734.52**	2045.30**
رقم Cultivar	2	52340.68**	7355.03**
کود × رقم Fertilizer × cultivar	2	11121.76**	182.31**
آبیاری ×کود Irrigation × fertilizer	2	38.142ns	69.7ns
آبیاری × رقم Irrigation × cultivar	1	561.739ns	1.96ns
آبیاری ×کود ×رقم Irrigation × fertilizer × cultivar	2	293.405ns	8.52ns
سال ×کود Year × fertilizer	2	1527.052*	152.15**
سال × رقم Year × cultivar	1	53009.31**	3.53ns
سال × آبیاری × کود Year × irrigation × fertilizer	2	165.069 ns	11.79ns
سال × آبیاری × رقم Year × irrigation × cultivar	1	1.611ns	106.02*
سال × کود × رقم Year × fertilizer × cultivar	2	11020.85**	340.39**
سال × آبیاری × کود × رقم Year × irrigation × fertilizer × cultivar	2	335.313ns	25.37ns
خطای آزمایشی Error	40	242.718	23.18
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		4.97	3.61

ns و ** و*: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار بودن و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

ns, ** and *: are respectively non-significant and significant at the probability level of 1% and %5

ادامه جدول ۴- تجزیه واریانس تیمارهای آزمایشی بر صفات کمّی و کیفی لوبیا

Table 4- Analysis of variance of experimental treatments on quantitative and qualitative traits of bean, Continued

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	سهم عملکرد دانه از فتوسنتز جاری گیاه The share of seed yield from plant current photosynthes	ظرفیت تجمع مواد فتوسنتزی The capacity to accumulate photosynthetic materials	عملکرد دانه Seed yield
سال Year	1	878.238*	57496**	580.84**
تکرار (سال) Replication (year)	4	77.676	178	176.76
آبیاری Irrigation	1	7849.251**	24482**	248.57**
سال × آبیاری Year × irrigation	4	292.731^{ns}	65^{ns}	75.77^{ns}
تکرار (سال × آبیاری) Replication (year × irrigation)	2	224.231	174	158.95
کود Fertilizer	1	20729.219**	118334**	1204.88**
رقم Cultivar	2	3660.228**	68743**	629.90**
کود × رقم Fertilizer × cultivar	2	24.168^{ns}	6103**	525.62**
آبیاری × کود Irrigation × fertilizer	2	997.488**	857*	112.39**
آبیاری × رقم Irrigation × cultivar	1	152.665^{ns}	1498**	97.69*
آبیاری × کود × رقم Irrigation × fertilizer × cultivar	2	155.264^{ns}	22^{ns}	1.71^{ns}
سال × کود Year × fertilizer	2	691.904*	3160**	271.31**
سال × رقم Year × cultivar	1	520.257*	1168^{ns}	62.23^{ns}
سال × آبیاری × کود Year × irrigation × fertilizer	2	28.593^{ns}	339^{ns}	79.89^{ns}
سال × آبیاری × رقم Year × irrigation × cultivar	1	319.110^{ns}	10^{ns}	63.51^{ns}
سال × کود × رقم Year × fertilizer × cultivar	2	709.665*	59^{ns}	87.02^{ns}
سال × آبیاری ×کود × رقم Year × irrigation × fertilizer × cultivar	2	212.903^{ns}	24^{ns}	84.11^{ns}
خطای آزمایشی Error	40	114.93	203.05	129.44
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		16.2	5.15	4.11

ns و ** و*: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار بودن و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

ns, ** and *: are respectively non-significant and significant at the probability level of 1% and 5 %

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی لوبیا

Table 5- Correlation coefficients between the examined traits of bean

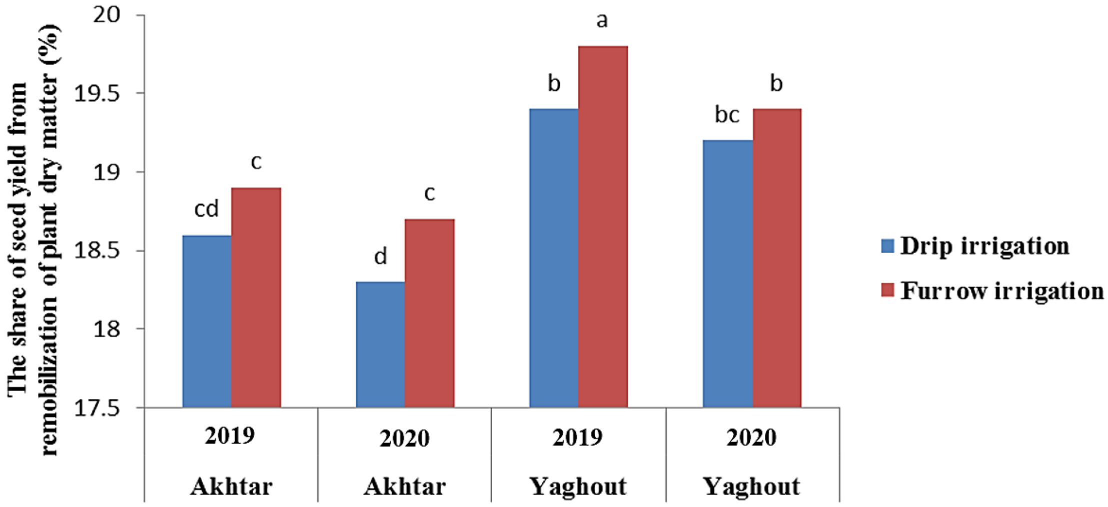
شماره Number	۱-کارایی انتقال مجدد ماده خشک به دانه 1- The efficiency of remobilization of dry matter to the seed	۲- سهم عملکرد دانه از انتقال مجدد ماده خشک گیاه 2- The share of seed yield from remobilization of plant dry matter	۳- سهم عملکرد دانه از فتوسنتز جاری 3- The share of seed yield from current photosynthes	۴- ظرفیت تجمع مواد فتوسنتزی 4- The capacity to accumulate photosynthetic materials	۵- عملکرد دانه 5- Seed yield
1	1				
2	0.37**	1			
3	0.31**	0.77**	1		
4	0. 03ns	0.01ns	0.60**	1	
5	0.27*	0.28*	0.60**	0.99**	1

ns و ** و*: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار بودن و معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

ns, ** and *: are respectively non-significant and significant at the probability level of 1% and 5 %

سهم عملکرد دانه از انتقال مجدد ماده خشک گیاه

انتقال مجدد ماده خشک به دانه و فتوسنتز جاری گیاه، دو جزء مهم عملکرد نهایی گیاه می‌باشند و بررسی نقش آن‌ها به‌عنوان اجزاء عملکرد دانه از اهداف این آزمایش می‌باشد. پس از تأیید آزمون همگنی واریانس خطاهای آزمایشی در دو سال (جدول ۳)، نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی تیمارهای سال، آبیاری، کود و رقم و اثرات متقابل دوگانه (کود × رقم) و (سال × کود) در سطح احتمال یک درصد بر صفت سهم عملکرد دانه از انتقال مجدد ماده خشک گیاه معنی‌دار شدند (جدول ۴). اثرات متقابل سه‌گانه (سال × آبیاری × رقم) و (سال × کود × رقم) بر سهم عملکرد دانه از انتقال مجدد ماده خشک گیاه به‌ترتیب در سطح احتمال پنج درصد و یک‌درصد معنی‌دار شدند (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه (سال × آبیاری × رقم) بر صفت فوق نشان داد که بیش‌ترین سهم عملکرد دانه از انتقال مجدد ماده خشک گیاه از رقم یاقوت و تحت آبیاری جوی و پشته‌ای در سال ۱۳۹۸ (۱۹/۸ درصد) بدست آمد. علاوه‌براین، در هر یک از دو روش آبیاری و در هر یک از دو سال آزمایش، رقم یاقوت برتری معنی‌داری از نظر این صفت در قیاس با رقم اختر داشت (شکل ۲). در سال اول، روند سهم عملکرد دانه از انتقال مجدد ماده خشک گیاه در روش قطره‌ای نسبت به روش جوی و پشته‌ای در هر دو رقم یکسان بود و روند متفاوتی نداشتند. بنابراین، در صورت تفاوت معنی‌دار اثر ساده رقم، می‌توان یک رقم را برای هر دو سطح آبیاری انتخاب کرد. هم‌چنین، در سال دوم نیز روند مشابه بوده است. از آن جایی که رقم یاقوت در هر دو سال در دو شرایط آبیاری سهم عملکرد دانه از انتقال مجدد ماده خشک به گیاه بالاتری داشت، رقم یاقوت انتخاب گردید (شکل ۲). هم‌چنین، بیش‌ترین سهم عملکرد دانه از انتقال مجدد ماده خشک گیاه از رقم یاقوت و با کاربرد کود NPK در سال ۱۳۹۸ (۳۹/۶۹ درصد) و در سال ۱۳۹۹ (۳۴/۳ درصد) با اختلاف (۵/۳۹ درصد) به‌دست آمد (جدول ۶). در سال اول، روند سهم عملکرد دانه از انتقال مجدد ماده خشک گیاه در رقم یاقوت نسبت به رقم اختر با کاربرد کود NPK نسبت به سایر تیمارهای کودی روند افزایشی داشته است. این صفت، در سال اول نسبت به سال دوم در هر دو رقم و با کاربرد کود NPK نسبت به سایر تیمارهای کودی روندی یکسان و افزایشی داشت (جدول ۶). حکم علیپور و سید شریفی (Hokmalipour & Seyed Sharifi, 2015) در تحقیق خود روی گندم بیان داشتند که سهم عملکرد دانه از انتقال مجدد ماده خشک با کاربرد کودهای زیستی– شیمیایی کاهش یافت. هم‌چنین مجدم و همکاران (Majdam et al., 2009) دریافتند که با افزایش مصرف کود نیتروژن، سهم عملکرد دانه از انتقال مجدد ماده خشک کاهش می‌یابد که با نتیجه آزمایش مطابقت داشتند. اما پورهادیان و همکاران (Pourhadian et al., 2022) در گزارش خود در مورد لوبیا قرمز اظهار داشتند که سهم عملکرد دانه از انتقال مجدد ماده خشک گیاه تحت اثر تیمار کود زیستی- شیمیایی افزایش یافت. با توجه به نتایج همبستگی داده‌ها، سهم عملکرد دانه از انتقال مجدد ماده خشک گیاه با عملکرد دانه همبستگی معنی‌دار (۰/۲۸) داشت (جدول ۵).



شکل ۲- اثر متقابل سه‌گانه (سال × آبیاری × رقم) بر روی سهم عملکرد دانه لوبیا از انتقال مجدد ماده خشک گیاه

Fig. 2- Three-way interaction effect (year × irrigation × cultivar) on the share of bean seed yield from remobilization of plant dry matter

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون LSD، فاقد تفاوت آماری معنی‌دار می‌باشند.

Means in each column followed by the same letters are not significantly different when using LSD test.

سهم عملکرد دانه از فتوسنتز جاری گیاه

سهم عملکرد دانه از فتوسنتز جاری گیاه نتیجه میزان انتقال مجدد ماده خشک به دانه و هم‌چنین، فتوسنتز جاری گیاه می‌باشد. پس از تأیید آزمون همگنی واریانس خطاهای آزمایشی در دو سال (جدول۳)، نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات سهم عملکرد دانه از فتوسنتز جاری گیاه تحت اثرات اصلی تیمارهای آبیاری، کود، رقم و سال و اثرات متقابل دوگانه (آبیاری × کود) و (رقم × سال) و اثر متقابل سه‌گانه (سال × کود × رقم) در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل دوگانه (کود × سال) در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل دوگانه (آبیاری × کود) بر سهم عملکرد دانه از فتوسنتز جاری گیاه نشان داد که بیش‌ترین سهم عملکرد دانه از فتوسنتز جاری گیاه در روش آبیاری قطره‌ای و با کاربرد تلفیق کود زیستی- شیمیایی به‌میزان (۶۸/۴ درصد) به‌دست آمد و کم‌ترین سهم عملکرد دانه از فتوسنتز جاری گیاه در روش آبیاری جوی و پشته‌ای و با کاربرد کود NPK به‌میزان (۶۱/۲ درصد) و با اختلاف (۷/۲ درصد) به‌دست آمد. روند سهم عملکرد دانه از فتوسنتز جاری گیاه در روش آبیاری قطره‌ای نسبت به آبیاری جوی و پشته‌ای در تیمارهای کودی به‌کار رفته یکسان و افزایشی بوده است. هم‌چنین روند این صفت با کاربرد کود زیستی- شیمیایی نسبت به کاربرد کود نیتروژن- نیتروژن و کودهای NPK افزایشی بوده است. هم‌چنین نتایج نشان داد که سهم عملکرد دانه از فتوسنتز جاری گیاه درهر دو روش آبیاری کاربرد کود نیتروژن- نیتروژن نسبت به کاربرد کود NPK روند یکسان و افزایشی داشت (جدول ۷). می‌توان علت آن را احتمالاً افزایش کارایی مصرف آب در زمان کاربرد آبیاری قطره‌ای و بهره‌مندی گیاه از باکتری‌های محرک رشد موجود در کودهای زیستی به‌کار رفته فسفوزیست و نیتروزیست و هورمون‌های رشد مترشحه از آن‌ها نسبت به سایر تیمارهای کودی دانست که باعث بهبود رشد و فتوسنتز بیشتر گیاه و ایجاد تعادل در منبع و مخزن و در نتیجه، افزایش سهم عملکرد دانه از فتوسنتز جاری گیاه گردیده است. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه (سال × کود × رقم) بر سهم عملکرد دانه از فتوسنتز جاری گیاه نشان داد که بیش‌ترین مقدار این صفت (۷۶/۶ درصد) در هر یک از دو سال آزمایش از رقم یاقوت و با استفاده از تلفیق کودهای زیستی- شیمیایی به‌دست آمد؛ به عبارتی، این رقم در هر دو سال آزمایش و در یک سطح کودی مشخص (تلفیق کودهای زیستی- شیمیایی) نسبت به سایر ترکیبات تیماری، از سهم عملکرد دانه از فتوسنتز جاری گیاه بیش‌تری برخوردار بود و از نظر آماری، اختلافی در هر دو سال با هم نداشتند و در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۶) که می‌تواند به‌دلیل بالا بودن سهم عملکرد دانه از فتوسنتز جاری گیاه در این رقم به‌جهت تخصیص بیشتر ماده خشک اندام‌های رویشی به مخزن اصلی زایشی (دانه) باشد که با نتایج انجام گرفته توسط لیموچی و همکاران (Limuchi et al., 2019) مطابقت داشت. طبق جدول ۵، هم‌چنین همبستگی این صفت

با کارایی انتقال مجدد ماده خشک به دانه ۰/۳۱ بود که در سطح یک‌درصد معنی‌دار بود و نشان داد که با افزایش کارایی انتقال مجدد ماده خشک به دانه، سهم عملکرد دانه از فتوسنتز جاری گیاه هم بیشتر شده بود. نتایج نشان داد که در هر دو سال سهم عملکرد دانه از فتوسنتز جاری گیاه در رقم اختر نسبت به رقم یاقوت و با کاربرد کود NPK روند افزایشی داشت (جدول ۶). پورهادیان و همکاران (Pouradian et al., 2014) گزارش کردند که ارقام لوبیا قرمز از نظر فتوسنتز جاری و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی با هم تفاوت دارند و این موضوع موجب تفاوت در مقدار صفات زایشی ارقام می‌گردد. به نظر می‌رسد که هر چند انتقال مجدد مواد فتوسنتزی یک جزء مهم در عملکرد دانه می‌باشد، ولی میزان فتوسنتزی که در طول پر شدن دانه‌ها انجام می‌شود؛ معمولاً مهم‌ترین منبع تشکیل‌دهنده وزن دانه و عملکرد دانه می‌باشد. علت این امر آن است که اغلب مواد فتوسنتزی قبل از پر شدن دانه در رشد رویشی یا گل‌دهی مورد استفاده قرار می‌گیرد، درحالی‌که در طول پر شدن دانه اغلب مواد فتوسنتزی به فرایند پر شدن دانه اختصاص می‌یابد (Sajedi et al., 2012). عملکرد دانه دارای همبستگی مثبت و بالایی با سهم عملکرد دانه از فتوسنتز جاری گیاه (**۰/۶۰) بود (جدول ۵).

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات فیزیولوژیک لوبیا تحت تأثیر متقابل سه‌گانه (سال × کود × رقم)

Table 6- Comparing the means of the physiological traits of bean under Three-way interaction effect (year × fertilizer × cultivar)

سال **Year**	کود **Fertilizer**	رقم **Cultivar**	کارایی انتقال مجدد ماده خشک به دانه (درصد) **The efficiency of remobilization of dry matter to the seed (%)**	سهم عملکرد دانه از انتقال مجدد ماده خشک گیاه (درصد) **The share of seed yield from remobilization of plant dry matter (%)**	سهم عملکرد دانه از فتوسنتز جاری گیاه (درصد) **The share of seed yield from current photosynthes of the plant (%)**
2019	نیتروژن- فسفر- پتاس NPK	اختر Akhtar	19[b*]	34.2[b]	65.8[d]
	نیتروژن- فسفر- پتاس NPK	یاقوت Yaghout	22[a]	39.6[a]	60.4[e]
	کود زیستی– شیمیایی Bio-chemical fertilizer	اختر Akhtar	10[f]	26.6[cd]	73.4[b]
	کود زیستی– شیمیایی Bio-chemical fertilizer	یاقوت Yaghout	12[e]	23.4[d]	76.6[a]
	نیتروژن- نیتروژن N-N	اختر Akhtar	17[c]	26.7[cd]	73.7[b]
	نیتروژن- نیتروژن N-N	یاقوت Yaghout	14[d]	26.5[cd]	73.5[b]
2020	نیتروژن- فسفر- پتاس NPK	اختر Akhtar	14[d]	29.3[C]	65.7[d]
	ا نیتروژن- فسفر- پتاس NPK	یاقوت Yaghout	17[c]	34.3[b]	60.4[e]
	کود زیستی– شیمیایی Bio-chemical fertilizer	اختر Akhtar	9[fg]	26.9[cd]	73.1[b]
	کود زیستی– شیمیایی Bio-chemical fertilizer	یاقوت Yaghout	10[f]	23.4[d]	76.6[a]
	نیتروژن- نیتروژن N-N	اختر Akhtar	11[ef]	26.3[cd]	73.7[b]
	نیتروژن- نیتروژن N-N	یاقوت Yaghout	12[e]	26.9[cd]	73.1[b]

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون LSD، فاقد تفاوت آماری معنی‌دار می‌باشند.

* Means in each column followed by the same letters are not significantly different when using the LSD test.

ظرفیت تجمع مواد فتوسنتزی

پس از تأیید آزمون همگنی واریانس خطاهای آزمایشی در دو سال (جدول ۳)، نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ظرفیت تجمع مواد فتوسنتزی تحت اثرات اصلی تیمارهای سال، رقم، آبیاری و کود و اثرات متقابل دوگانه (رقم × آبیاری)، (کود × رقم) و (سال ×کود) در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل دوگانه (کود × آبیاری) و (سال × رقم) در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل دوگانه (کود × آبیاری) بر ظرفیت تجمع مواد فتوسنتزی نشان داد که بیش‌ترین ظرفیت تجمع مواد فتوسنتزی در زمان کاربرد آبیاری قطره‌ای و استفاده از تلفیق کود زیستی- شیمیایی به‌میزان (۳۲۸/۴ میلی‌گرم) و کم‌ترین ظرفیت تجمع مواد فتوسنتزی در زمان کاربرد آبیاری جوی و پشته‌ای و استفاده از کود NPK (۲۲۵/۱ میلی‌گرم) و با اختلاف (۱۰۳ /۳ میلی‌گرم) به‌دست آمد. روند ظرفیت تجمع مواد فتوسنتزی در روش آبیاری قطره‌ای نسبت به آبیاری جوی و پشته‌ای در تیمارهای کودی به‌کار رفته یکسان و افزایشی بوده است. هم‌چنین، روند این صفت با کاربرد کود زیستی- شیمیایی نسبت به کاربرد کود نیتروژن- نیتروژن و کودهای NPK در هر دو روش آبیاری افزایشی بوده است. نتایج نشان داد که ظرفیت تجمع مواد فتوسنتزی با کاربرد کود نیتروژن- نیتروژن نسبت به کاربرد کود NPK در هر دو روش آبیاری روند یکسان و افزایشی داشت (جدول ۷). دلیل آن را می‌توان این گونه بیان کرد که استفاده از کودهای زیستی- شیمیایی و آبیاری قطره‌ای باعث افزایش طول دوره رشد رویشی گیاه و در نتیجه، اختصاص مواد فتوسنتزی بیشتر به دانه‌ها و افزایش ظرفیت تجمع مواد فتوسنتزی بالاتری گردیده است. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل دوگانه (رقم × آبیاری) بر ظرفیت تجمع مواد فتوسنتزی نشان داد که بیش‌ترین میزان آن در رقم یاقوت و با آبیاری قطره‌ای (۳۳۰/۵۸۴ میلی‌گرم) بوده و کم‌ترین میزان آن در رقم اختر و با آبیاری جوی و پشته‌ای (۲۳۱/۹۰۷ میلی‌گرم) و با اختلاف (۹۸/۶۷۷ میلی‌گرم) به‌دست آمد. رقم اختر و رقم یاقوت در شیوه آبیاری تحت فشار قطره‌ای، ظرفیت تجمع مواد فتوسنتزی بیش‌تری نسبت به آبیاری جوی و پشته‌ای از خود نشان دادند. هم‌چنین، ظرفیت تجمع مواد فتوسنتزی در رقم یاقوت نسبت به رقم اختر روند یکسان و افزایشی داشت (جدول ۸). بنابراین، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که با توجه به اینکه پارامتر فیزیولوژیکی ظرفیت تجمع مواد فتوسنتزی با عملکرد دانه بیش‌ترین همبستگی مثبت و معنی‌دار (**۰/۹۹) را در این آزمایش داشت (جدول ۵)، با افزایش ظرفیت تجمع مواد فتوسنتزی در اثر کاربرد آبیاری نوین قطره‌ای، عملکرد دانه نیز افزایش معنی‌داری پیدا خواهد کرد. لیموچی و همکاران (Limuchi et al., 2020) در آزمایش‌های خود بیان کردند که در گیاه برنج تمام ژنوتیپ‌ها در دور آبیاری سه روزه نسبت به هفت روزه دارای توانایی فتوسنتزی بیشتر و استفاده بهینه با راندمان مصرف آب بالا گردیده و به‌دلیل افزایش طول دوره رشد و هم‌چنین تخصیص بیشتر کربوهیدرات‌ها و مواد معدنی انتقال یافته به مخزن اصلی و در نهایت، افزایش فعالیت مخزن و ظرفیت تجمع ماده خشک دانه باعث افزایش عملکرد شدند که این نتایج با آزمایش انجام شده و دیگر بررسی‌های دوراند و همکاران (Durand et al., 2016) و موحد زین و رازی اسماعیلی (Mohd-Zain & Razi-Ismail, 2016) مطابقت داشت. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل دوگانه (کود × رقم) بر ظرفیت تجمع مواد فتوسنتزی نشان داد که از رقم یاقوت و با کاربرد کود زیستی- شیمیایی بیش‌ترین میزان ظرفیت تجمع مواد فتوسنتزی (۳۳۵۶/۷ میلی‌گرم) به‌دست آمد و کم‌ترین ظرفیت تجمع مواد فتوسنتزی از رقم اختر و با کاربرد کود NPK (۱۸۷۰/۲میلی‌گرم) حاصل شد. ظرفیت تجمع مواد فتوسنتزی در رقم یاقوت نسبت به رقم اختر روند افزایشی داشته است و هم‌چنین، روند ظرفیت تجمع مواد فتوسنتزی در هر دو رقم با کاربرد کود زیستی- شیمیایی نسبت به کاربرد کود نیتروژن- نیتروژن و کود NPK روند افزایشی داشت. هم‌چنین، روند این صفت در هر دو رقم با کاربرد کود نیتروژن- نیتروژن نسبت به کود NPK یکسان و افزایشی بود (جدول ۹). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل دوگانه (سال × کود) بر ظرفیت تجمع مواد فتوسنتزی نشان داد که بیش‌ترین ظرفیت تجمع مواد فتوسنتزی با کاربرد کود زیستی- شیمیایی و در سال ۱۳۹۸ (۲۰۷/۶ میلی‌گرم) بود و کم‌ترین ظرفیت تجمع مواد فتوسنتزی با کاربرد کود NPK و در سال ۱۳۹۹ (۱۹۸/۷میلی‌گرم) به‌دست آمد. در سال اول، ظرفیت تجمع مواد فتوسنتزی با کاربرد کود زیستی- شیمیایی نسبت به سایر تیمارهای کودی روند یکسان و افزایشی داشته است و کودهای نیتروژن- نیتروژن نسبت به کودهای NPK نیز روند افزایشی داشت. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در سال اول نسبت به سال دوم، روند در این صفت افزایشی بود (جدول ۱۰). دلیل افزایش ظرفیت تجمع مواد فتوسنتزی در سال ۱۳۹۸ را می‌توان شرایط دمایی و درجه روز رشد متفاوت در طی دو سال زراعی مورد آزمایش دانست (جدول ۲).

عملکرد دانه

پس از تأیید آزمون همگنی واریانس خطاهای آزمایشی در دو سال (جدول۳)، نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اثرات اصلی تیمارهای آبیاری، کود، سال و رقم هر یک در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد دانه لوبیا معنی‌دار شدند (جدول ۴). اثرات متقابل دوگانه (کود × رقم)، (سال × کود) و (آبیاری × کود) در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل دوگانه (آبیاری × رقم) بر عملکرد دانه در سطح احتمال پنج درصد بر این صفت معنی‌دار شدند (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل دوگانه (کود × رقم) بر عملکرد دانه نشان داد که از رقم یاقوت و با کاربرد کود زیستی- شیمیایی بیش‌ترین میزان عملکرد دانه (۳۷۷/۷۶ گرم بر مترمربع) به‌دست آمد و کم‌ترین عملکرد دانه از رقم اختر و با کاربرد کود NPK (۱۸۷/۴۴گرم بر مترمربع) و با اختلاف (۱۹۰/۳۲گرم بر مترمربع) حاصل شد. روند عملکرد دانه در رقم یاقوت نسبت به رقم اختر یکسان و افزایشی بود. هم‌چنین این صفت با کاربرد کود زیستی- شیمیایی نسبت به سایر تیمارهای کودی روند افزایشی داشت. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که روند این صفت در کاربرد تیمار کودی نیتروژن- نیتروژن نسبت به کود NPK افزایشی بود (جدول ۹). دلیل این اختلاف (۱۹۰/۳۲ گرم بر مترمربع) را این گونه می‌توان توجیه کرد که با کاربرد NPK میزان تلفات این کودهای شیمیایی (به ویژه نیتروژن) و (مخصوصاً در شرایط آبیاری سنتی جوی و پشته) در مقایسه با کاربرد کودهای زیستی- شیمیایی، بیشتر بوده و احتمالاً کارایی مصرف کود هم کمتر شده که در نهایت، منجر به کاهش عملکرد دانه شده است. در ضمن، دلیل دیگر را می‌توان در این دانست که در مقایسه دو تیمار کودی (NPK و ترکیب زیستی- شیمیایی) مقدار مصرف نیتروژن در تیمار زیستی- شیمیایی بیشتر بوده و نیز از طرفی، اثر تکمیلی شیمیایی‌ها با زیستی-ها، منجر به عملکرد بیشتر گردیده است. هم‌چنین نامحدود بودن رشد رقم یاقوت و دارا بودن پتانسیل ژنتیکی بالاتر جهت تولید غلاف که در حقیقت مخازن مهمی برای مواد فتوسنتزی می‌باشد، نسبت به رقم اختر باعث افزایش عملکرد دانه بالاتر گردیده است که با نتایج خاوری و شاکرمی (Khavari & Shakarami, 2019) مطابقت داشت. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل دوگانه (سال × کود) بر عملکرد دانه نشان داد که بیش-ترین عملکرد دانه با کاربرد کود زیستی- شیمیایی و در سال ۱۳۹۸ (۳۶۸/۴۲ گرم بر مترمربع) بود و کم‌ترین عملکرد دانه با کاربرد کود NPK و در سال ۱۳۹۹ (۱۸۲/۳۳ گرم بر مترمربع) با اختلاف (۱۸۶/۰۹ گرم بر مترمربع) به‌دست آمد. روند عملکرد دانه با کاربرد کود زیستی- شیمیایی نسبت به سایر تیمارهای کودی در هر دو سال افزایشی بوده است. نتایج نشان داد که روند این صفت در سال اول نسبت به سال دوم نیز افزایشی بوده است (جدول۱۰). می‌توان علت آن را شرایط محیطی متفاوت در طی دو سال مورد آزمایش دانست. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل دوگانه (آبیاری × کود) بر عملکرد دانه نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه با کاربرد کود زیستی- شیمیایی و با آبیاری قطره‌ای (۳۶۴/۱۷ گرم بر مترمربع) بود و کم‌ترین عملکرد دانه با کاربرد کود NPK و با آبیاری جوی و پشته‌ای (۱۸۸/۳۵گرم بر مترمربع) و با اختلاف (۱۷۵/۸۲گرم بر مترمربع) به‌دست آمد. روند عملکرد دانه در آبیاری قطره‌ای نسبت به آبیاری جوی و پشته‌ای افزایشی بوده است. روند این صفت با کاربرد کود زیستی- شیمیایی نسبت به سایر تیمارهای کودی نیز افزایشی بود. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که روند عملکرد دانه با کاربرد کود زیستی- شیمیایی در هر دو روش آبیاری افزایشی بود (جدول ۷). طی تحقیقات پاسبان و همکاران (Pasban et al., 2014) بر روی عملکرد کمّی و کیفی لوبیا روغنی گزارش دادند که کاربرد کودهای آلی موجب افزایش بیشتر عملکرد دانه لوبیا روغنی گردید که با آزمایش انجام‌گرفته مطابقت داشت. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل دوگانه (آبیاری × رقم) بر عملکرد دانه نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه متعلق به رقم یاقوت و با آبیاری قطره‌ای (۳۲۸/۲۳ گرم بر مترمربع) و کم‌ترین عملکرد دانه از رقم اختر و با آبیاری جوی و پشته‌ای (۲۳۱/۹۲ گرم بر مترمربع) و با اختلاف (۹۶/۳۱ گرم بر مترمربع) به‌دست آمد. روند عملکرد دانه در آبیاری قطره‌ای نسبت به آبیاری جوی و پشته‌ای در دو رقم یکسان بود و روند متفاوتی نداشتند. هم‌چنین، در هر دو روش آبیاری رقم یاقوت نسبت به رقم اختر روند افزایشی داشت (جدول ۸). می‌توان علت آن را کاهش میزان هدررفت آب مصرفی در زمان کاربرد آبیاری قطره‌ای و در نتیجه، نشان‌دهنده واکنش‌های متفاوت این صفت در ارقام مختلف به شیوه آبیاری دانست. طی تحقیقات قدمی فیروزآبادی و باغانی (Ghadami Firouzabadi & Baghani, 2019) در کشت گندم، گزارش دادند که عملکرد دانه در سیستم آبیاری قطره‌ای در کشت گندم بیشتر از سیستم آبیاری جوی و پشته‌ای بوده است؛ که با این آزمایش مطابقت داشت. عملکرد دانه بیش‌ترین همبستگی مثبت و معنی‌دار را به‌ترتیب با ظرفیت تجمع مواد فتوسنتزی، سهم عملکرد دانه از فتوسنتز جاری و کم‌ترین همبستگی را با سهم عملکرد دانه از انتقال مجدد ماده خشک گیاه و کارایی انتقال مجدد ماده خشک گیاه داشت (جدول ۵). این نتایج بیانگر این بود که از بین دو مؤلفه میزان انتقال مجدد ماده خشک گیاه و فتوسنتز جاری گیاه، مؤلفه

فتوسنتز جاری گیاه نقش بسیار قوی‌تری در پر شدن دانه‌ها و در نهایت، عملکرد نهایی (وزن دانه‌ها در واحد سطح مزرعه) داشته که با نتایج سایر محققین پیشین در این مورد کاملاً مطابقت داشت. هم‌چنین، همبستگی بین متغیرها نشان داد که ظرفیت بالای پذیرش مواد آسیمیلات در مخزن‌ها یا دانه‌ها مهم‌ترین عامل در افزایش عملکرد دانه در واحد سطح بوده است (جدول ۵).

جدول ۷- مقایسه میانگین صفات فیزیولوژیکی و عملکرد دانه لوبیا تحت تأثیر کود و شیوه آبیاری

Table 7- Comparing the means of the characteristics of physiologic and bean seed yield under the influence of fertilizer and irrigation method

کود Fertilizer	آبیاری Irrigation	سهم عملکرد دانه از فتوسنتز جاری گیاه (درصد) The share of seed yield from current photosynthes of the plant (%)	ظرفیت تجمع مواد فتوسنتزی (میلی‌گرم) The capacity to accumulate photosynthetic materials (mg)	عملکرد دانه (گرم بر مترمربع) Seed yield ($g.m^{-2}$)
نیتروژن- فسفر- پتاس NPK	قطره‌ای Drip	61.8^{e*}	226.05^{e}	211.5^{d}
نیتروژن- فسفر- پتاس NPK	جوی و پشته‌ای Furrow	61.2^{f}	225.1^{f}	188.35^{e}
کود زیستی– شیمیایی Bio-chemical fertilizer	قطره‌ای Drip	68.4^{a}	328.4^{a}	364.17^{a}
کود زیستی– شیمیایی Bio-chemical fertilizer	جوی و پشته‌ای Furrow	65.9^{c}	322.7^{b}	315.16^{b}
نیتروژن- نیتروژن N-N	قطره‌ای Drip	67.3^{b}	321.09^{c}	309.86^{b}
نیتروژن- نیتروژن N-N	جوی و پشته‌ای Furrow	64.6^{d}	320.5^{d}	270.54^{c}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون LSD، فاقد تفاوت آماری معنی‌دار می‌باشند.

* Means in each column followed by the same letters are not significantly different when using the LSD test.

جدول ۸- مقایسه میانگین صفات ظرفیت تجمع مواد فتوسنتزی و عملکرد دانه لوبیا تحت تأثیر رقم و شیوه آبیاری

Table 8- Comparing the means of the characteristics of the capacity to accumulate photosynthetic materials and bean seed yield the influence of cultivar and irrigation method

رقم Cultivar	آبیاری Irrigation	ظرفیت تجمع مواد فتوسنتزی (میلی‌گرم) The capacity to accumulate photosynthetic materials (mg)	عملکرد دانه (گرم بر مترمربع) Seed yield ($g.m^{-2}$)
اختر Akhtar	قطره‌ای Drip	259.663^{c*}	262.12^{c}
یاقوت Yaghout	قطره‌ای Drip	330.584^{a}	328.23^{a}
اختر Akhtar	جوی و پشته‌ای Furrow	231.907^{d}	231.92^{d}
یاقوت Yaghout	جوی و پشته‌ای Furrow	284.582^{b}	284.11^{b}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون LSD، فاقد تفاوت آماری معنی‌دار می‌باشند.

* Means in each column followed by the same letters are not significantly different when using the LSD test.

جدول ۹- مقایسه میانگین صفات ظرفیت تجمع مواد فتوسنتزی و عملکرد دانه لوبیا تحت تأثیر کود و رقم

Table 9- Comparing the means of the characteristics of the capacity photosynthetic materials and bean seed yield under the influence of fertilizer and cultivar

کود Fertilizer	رقم Cultivar	ظرفیت تجمع مواد فتوسنتزی (میلی‌گرم) The capacity to accumulate photosynthetic materials (mg)	عملکرد دانه (گرم بر مترمربع) Seed yield (g.m^{-2})
نیتروژن- فسفر- پتاس NPK	اختر Akhtar	1870.2^{f*}	187.44^{f}
نیتروژن- فسفر- پتاس NPK	یاقوت Yaghout	1901.02^{e}	212.42^{e}
کود زیستی- شیمیایی Bio-chemical fertilizer	اختر Akhtar	3320.6^{b}	301.57^{c}
کود زیستی- شیمیایی Bio-chemical fertilizer	یاقوت Yaghout	3356.7^{a}	377.76^{a}
نیتروژن- نیتروژن N-N	اختر Akhtar	3310.9^{d}	252.05^{d}
نیتروژن- نیتروژن N-N	یاقوت Yaghout	3314.2^{c}	328.34^{b}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون LSD، فاقد تفاوت آماری معنی‌دار می‌باشند.

* Means in each column followed by the same letters are not significantly different when using the LSD test.

جدول ۱۰- مقایسه میانگین صفات ظرفیت تجمع مواد فتوسنتزی و عملکرد دانه لوبیا تحت تأثیر کود و سال

Table 10- Comparing the means of the characteristics of the capacity to accumulate photosynthetic materials and bean seed yield under the influence of fertilizer and year

کود Fertilizer	سال Year	ظرفیت تجمع مواد فتوسنتزی (میلی‌گرم) The capacity to accumulate photosynthetic materials (mg)	عملکرد دانه (گرم بر مترمربع) Seed yield (g.m^{-2})
نیتروژن- فسفر- پتاس NPK	2019	200/01^{e*}	217.53^{e}
نیتروژن- فسفر- پتاس NPK	2020	198/7^{f}	182.33^{f}
کود زیستی- شیمیایی Bio-chemical fertilizer	2019	207.6^{a}	368.42^{a}
کود زیستی- شیمیایی Bio-chemical fertilizer	2020	205.7^{c}	310.91^{c}
نیتروژن- نیتروژن N-N	2019	206.7^{b}	329.05b
نیتروژن- نیتروژن N-N	2020	204.5^{d}	251.34^{d}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون LSD، فاقد تفاوت آماری معنی‌دار می‌باشند.

* Means in each column followed by the same letters are not significantly different when using the LSD test.

نتیجه‌گیری

ضریب همبستگی بین صفات نشان داد که عملکرد دانه با سهم عملکرد دانه از فتوسنتز جاری گیاه و ظرفیت تجمع مواد فتوسنتزی بیش‌ترین همبستگی مثبت و معنی‌دار را داشت. به عبارتی، نتایج دو ساله این آزمایش نشان داد که عملکرد دانه عمده نتیجه نهایی اجزای فیزیولوژیک خود یعنی فتوسنتز جاری گیاه و ظرفیت تجمع مواد در دانه‌ها (مخزن‌ها) می‌باشد. با توجه به مشکلات وقوع خشکسالی‌های مستمر و افت شدید آب‌های زیر زمینی و گران قیمت بودن کودهای شیمیایی در سال‌های اخیر و ایجاد اثرات مخرب آن‌ها بر خاک‌های کشاورزی و نیز وجود تنوع ژنوتیپی لوبیا قرمز، می‌توان با کاهش مصرف کودهای شیمیایی و استفاده از ترکیب کودهای زیستی- شیمیایی و شیوه آبیاری قطره‌ای (جایگزین کردن آن با شیوه آبیاری سنتی جوی و پشته) و استفاده از ارقام اصلاح شده لوبیا قرمز، با تقویت این اجزای فیزیولوژیک، عملکرد دانه را به‌طور معنی‌داری بهبود بخشید.

References

Abalos, D., Sanchez-Martin, L., Garcia-Torres, L., Van Groenigen, J.W., & Vallejo, A. (2014). Management of irrigation frequency and nitrogen fertilization to mitigate GHG and No emissions from drip-fertigation crops. *The Science of the Total Environment, 490*, 880-888. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.05.065

Bahrani, A., Heideri Sharif Abad, H., Tahmasebi Sarvestani, Z., Moafporian, G., & Ayenehband, A. (2009). Wheat (*Triticum astivum* L.) response to nitrogen and post-anthesis water deficit. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*, *6*(2), 231-239.

Barlog, P., & Grzebisz, W. (2004). Effect of timing and nitrogen fertilizer application on winter oil seed rape (*Brassica napus* L.) I. growth dynamics and seed yield. *Journal of Agronomy and Crop Science, 190*, 305-313. https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2004.00109.x

Darabi, F., Sharifipour, M., & Nasrolahi, A.H. (2022). Effect of deficit irrigation on yield components and water productivity of pinto beans using drip tape irrigation in Khorramabad climatic. *Journal of Irrigation Sciences and Engineering, 44*(4), 1-14. https://doi.org/10.22055/jise.2020.31391.1885

Dashtaki, M., AliPour Yamchi, H.M., & Bihamta, M.R. (2015). Evaluation of the effects of late season water stress on genotypes of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Pulses Research, 6*(2), 109-122. (In Persian with English Abstract)

Durand, M., Porcheron, B., Hennion, N., Maurousset, L., Lemoine, R., & pourtau, N. (2016). Water deficit enhances C export to the roots in *Arabidopsis thaliana* plants with contribution of sucrose transporters in both shoot and roots. *Journal of Plant Physiology, 170*(1), 1460-1479. https://doi.org/10.1104/pp.15.01926

Dursun, A. (2007). Variability, heritability and correlation studies in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. *World Journal of Agricultural Sciences*, *3*(1), 12-16.

Farid, M., Hugh, J.E., & Navabi, A. (2016). Yield stability of dry bean genotypes across nitrogen-fixation-dependent and fertilizer-dependent management systems. *Journal of Crop Science, 56*(1), 173-182. https://doi.org/10.2135/cropsci2015.06.0343

Gardenas, A.I., Hopmans, J.W., Hanson, B.R., & Simunek, J. (2005). Two-dimensional modeling of nitrate leaching for various fertigation scenarios under micro-irrigation. *Jornal of Agricultural Water Management, 74*(3), 219-242. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2004.11.011

Ghadami Firouzabadi, A., & Baghani, J. (2019). Effects of different wheat planting patterns in drip tape irrigation on yield and water productivity of bread wheat in Hamedan. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, *13*(2), 528-539. (In Persian)

Hokmalipour, S., & Seyed Sharifi, R. (2015). Effect of seed inoculation with plant growth promoting *Rhizobacteria* on dry matter remobilization of spring barley at different levels of nitrogen and phosphorus fertilizers. *Jornal of Soil Research, 29*(4), 126-407. (In Persian). https://doi.org/10.22092/ijsr.2015.105901.

Kavian Athar, N., & Aboutalebian, M.A. (2020). Quantitative and qualitative reaction of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to phosphorous and zinc sulfate application method under different rates of nitrogen starter fertilize. *Iranian Journal of Field Crop Science, 51*(3), 17-32. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/ 10.22059/ijfcs.2019.249549.654430

Khavari, H., Khorgamy, A., Mir Drikvand, R., & Taleshi, K. (2023). The compression effect of nutrition and chemicals agricultural poisons management on grows and grain yield of red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars in farm conditions. *Iranian Journal of Pulses Research, 14*(1), 75-91. (In Persian). https://doi.org/ 10.22067/ijpr.v14i1.2208-1044

Khavari, H., & Shakarami, G. (2019). Role of arbuscular mycorrhizal and *Azotobacter chroococcum* on growth and yield of red bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.). *Scientific Research Journal of Plant Ecophysiology, 38*(11), 119-131. (In Persian with English Abstract).

Limuchi, K., Yarnia, M., Siadat, A., Rashidi V., & Gyalani, A. (2019). Evaluation of the effect of current assimilation on aerobic rice grain yield under different irrigation intervals in the northern region of Khuzestan. *Journal of Water Research in Agriculture, 33*(1), 67-79. https://doi.org/10.22092/jwra.2019.119115

Majdam, M., Naderi, A., Nourmohammadi, K., Siadat, S.A., & Adineband, A. (2009). Effect of water deficit stress and nitrogen management on grain yield, dry matter remobilization and current photosynthesis of corn in climate conditions in Khuzestan (Ramin). *Journal Crop Physiology*, *1*(1), 86-95. (In Persian).

Maleki, N., Shakeri Bostanabad, R., Salehi Komroudi, M., & Seyedabadi, S. (2021). Investigating the status of the combined water security index of Iranian provinces in the period of 2012-2017: Application of multi- criteria analysis methods. *Journal of Water and Sustainable Development, 8*(2), 21-32.

Mansour Ghanaei Pashaki, K., Mohsenabadi, G., Majidian, M., & Fallah Nosratabad, A.R. (2017). Effect of application of nitrogen, phosphorus and organic fertilizers on yield and yield components of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Lahijan, Northern Iran. *Journal of Crop Production and Processing*, *6*(22), 47-60. (In Persian). https://doi.org/10.18869/acadpub.jcpp.6.22.47.

Mehrpouyan, M., Farboodi, M., Ajali, J., Davoodi, F., & Jafari, A. (2013). Effect of different irrigation and planting methods on water use efficiency and some seed yield characteristics in three pinto common bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agroecology Journal*, *9*(3), 73-83. (In Persian)

Mohd Zain, N.A., & Razi-Ismail, M. (2016). Effects of potassium rates and types on growth, leaf gas exchange and biochemical changes in rice *(Oryza sativa)* planted under cyclic water stress. *Agricultural Water Management Journal*, *164*(1), 83-90. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.09.022

Mondani, F., & Jalilian, A. (2019). Evaluation of the interaction between sowing date and cultivar on different tTraits of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in Kermanshah climate conditions. *Plant Production Technology*, *19*(1), 37-51. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22084/ppt.2018.9470.1533

Pasban, F., Balochi, H., Yadavi, A., Salehi, A., & Attarzadeh, M. (2015). The role of organic and biological fertilizers in qualitative and quantitative yield of soybean (*Glycine max* L.) cv. Williams. *Journal of Science of Agriculture and Sustainable Production*, *25*(3), 137-149. (In Persian with English Abstract)

Pourhadian, H., Kazem Aslani, H., Hadavand, N., & Khalili, M. (2014). Comparison of different varieties of red beans in terms of vegetative, reproductive and physiological traits in spring cultivation of Azna city. Final Report of the Research Project. Payam Noor university. Lorestan Province, Iran. 56p. (In Persian)

Pouradian, H., Hadavand, N., Khalili, M., & Kazem Aslani, H. (2022). Evaluation of growth indices, yield, and yield components of red bean cultivars in cold climatic conditions. *Iranian Journal of Plant Production and Genetics*, *3*(1), 133-146. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.34785/J020.2022.120

Rendon-Anaya, M., Herrera-Estrella, A., Gepts, P., & Delgado-Salinas, A. (2017). A new species of *Phaseolus* (Leguminosae, Papilionoidea) sister to *Phaseolus vulgaris*, the common bean. *Journal of Phytotaxa*, *313*(3), 259-266. https://doi.org/10.11646/phytotaxa.313.3.3

Rose, D.C., Sutherland, W.J., Barnes, A.P., Borthwick, F., Foulkes, C., Hall, C., Moorby, J.M., Nicholas-Davies, P., Twining S., & Dicks. L.V. (2019). Integrated farm management for sustainable agriculture: Lessons for knowledge exchange and policy. *Jornal of Land Use Policy*, *81*, 834-842. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.11.001

Saberi, H., Mosenabadi, Gh., Majidian, M., & Ehteshami, S.M. (2015). Integrated application of biological and chemical fertilizers on bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under Rasht climate conditions. *Iranian Journal of Pulses Research*, *6*(1), 21-31. (In Persian with English Abstract).

Sajedi, N.A., Madani, H., Habibi, D., & Pazoki, A. (2012). Investigating the effect of selenium and salicylic acid on remobilization, current photosynthesis and seed yield of wheat cultivars under dry conditions. *Journal of Crop Production under Environmental Stress Conditions*, *4*(1), 1-14. (In Persian with English Abstract).

Sarikhani, M.R., Oustan, S., Ebrahimi, M., & Asghar zadeh, N.A. (2018). Isolation and identification of potassium-releasing bacteria in soil and assessment of their ability to release potassium for plants. *European Journal of Soil Science*, *69*(6), 1078-1086. https://doi.org/10.1111/ejss.12708

Soheili Movahhed, S., Khomari, S., Sheikhzadeh, P., & Alizadeh, B. (2020). Evaluation of yield and yield components of some pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes under late season water deficit conditions. *Journal of Agroecology*, *11*(4), 1275-1291. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22067/jag.v11i4.72028

Tabatabaei, S.S., Jahan, M., & Hajmohammadnia Ghalibaf, K. (2020). The Effect of biological and nitrogen chemical fertilizers on yield and yield component of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under water stress conditions. *Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences*, *13*(1), 145-154. (In Persian). https://doi.org/10.22077/escs.2019.1807.1434

Yonts, C.D., Haghverdi, A., Reichert, D.L., & Irmak, S. (2018). Deficit irrigation and surface residue cover effects on dry bean yield, in-season soil water content and irrigation water use efficiency in western Nebraska high plains. *Agricultural Water Management*, *199*, 138-147. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.12.024

Zaidi, A., Khan, M.S., Saif, S., Rizvi, A.B., & Shahid, M. (2017). Role of nitrogen-fixing plant growth-promoting *Rhizobacteria* in sustainable production of vegetables: Current perspective. In Microbial Strategies for Vegetable Production. Springer International Publishing. pp. 49-79. https://doi.org/10.1007/978-3-319-54401-4_3.